

Docket No.: 60188-660

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Toshikazu ONISHI	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: September 22, 2003	:	Examiner:
	:	
For: SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND METHOD FOR FABRICATING THE SAME		

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims the priority of:

Japanese Patent Application No. 2002-273015, filed September 19, 2002

cited in the Declaration of the present application. A Certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY



Michael E. Fogarty
Registration No. 36,139

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 MEF:prg
Facsimile: (202) 756-8087
Date: September 22, 2003

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

60188-660
Onishi
Sept. 22, 2003
McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年 9月19日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-273015

[ST.10/C]:

[JP2002-273015]

出 願 人
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2003年 4月15日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3026897

【書類名】 特許願
【整理番号】 2925040057
【提出日】 平成14年 9月19日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01S 5/026
H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 大西 俊一

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077931

【弁理士】

【氏名又は名称】 前田 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100094134

【弁理士】

【氏名又は名称】 小山 廣毅

【選任した代理人】

【識別番号】 100110939

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 宏

【選任した代理人】

【識別番号】 100110940

【弁理士】

【氏名又は名称】 嶋田 高久

【選任した代理人】

【識別番号】 100113262

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 祐二

【選任した代理人】

【識別番号】 100115059

【弁理士】

【氏名又は名称】 今江 克実

【選任した代理人】

【識別番号】 100115510

【弁理士】

【氏名又は名称】 手島 勝

【選任した代理人】

【識別番号】 100115691

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤田 篤史

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0006010

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ装置及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 活性層と、

前記活性層の上に形成され且つ第 1 の不純物が添加された第 1 のクラッド層と

前記第 1 のクラッド層の上に形成され且つ第 2 の不純物が添加された第 2 のクラッド層とを備え、

前記第 1 のクラッド層の抵抗率は前記第 2 のクラッド層の抵抗率よりも大きいことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 前記第 1 のクラッド層及び第 2 のクラッド層は移動度がほぼ同一の化合物半導体からなることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3】 前記第 1 のクラッド層及び第 2 のクラッド層はリンを含む化合物半導体からなり、前記第 1 の不純物は亜鉛であり、前記第 2 の不純物はマグネシウムであることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 4】 前記第 1 のクラッド層における前記第 1 の不純物の濃度は、 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上且つ $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】 前記第 1 のクラッド層は前記第 1 の不純物よりも拡散係数が小さい第 3 の不純物をも含むことを特徴とする請求項 2 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 6】 前記第 1 のクラッド層及び第 2 のクラッド層はリンを含む化合物半導体からなり、前記第 1 の不純物は亜鉛であり、且つ前記第 2 の不純物及び第 3 の不純物は共にマグネシウムであることを特徴とする請求項 5 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】 前記第 1 のクラッド層における第 1 の不純物と第 3 の不純物を合わせた濃度は、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上且つ $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 8】 前記第 1 のクラッド層及び第 2 のクラッド層はヒ素を含む化合物半導体からなり、前記第 1 の不純物は炭素であり、前記第 2 の不純物はマグネシウムであることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 9】 前記第 2 のクラッド層は、前記第 1 のクラッド層の上にリッジ状に形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 0】 前記第 2 のクラッド層は、その下部がストライプ状に形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 1】 基板上に活性層を形成する工程と、
前記活性層の上に第 1 の不純物を添加しながら第 1 のクラッド層を形成する工程と、

前記第 1 の第 1 のクラッド層の上に第 2 の不純物を添加しながら第 2 のクラッド層を形成する工程を備え、

前記第 1 のクラッド層の抵抗率を前記第 2 のクラッド層の抵抗率よりも大きくすることを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 2】 前記第 1 のクラッド層及び第 2 のクラッド層はリンを含む化合物半導体からなり、前記第 1 の不純物は亜鉛であり、第 2 の不純物はマグネシウムであることを特徴とする請求項 1 1 に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 3】 前記第 1 のクラッド層を形成する工程は、前記第 1 の不純物に加えて第 3 の不純物をも添加することを特徴とする請求項 1 1 に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 4】 前記第 1 のクラッド層及び第 2 のクラッド層はリンを含む化合物半導体からなり、前記第 1 の不純物は亜鉛であり、前記第 2 の不純物及び第 3 の不純物は共にマグネシウムであることを特徴とする請求項 1 3 に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、III-V族化合物半導体からなる半導体レーザ装置に関し、特に低電圧で高出力動作が可能な半導体レーザ装置及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

デジタルヴァーサタイルディスク(DVD: Digital Versatile Disk)装置は、極めて高密度に情報を記録できることから、パーソナルコンピュータや映像音響機器の分野で急速に普及している。特に、書き込み又は書き換えが可能なDVD装置は、例えば大容量の外部記憶装置(例えば、いわゆるDVD-RやDVD-RAM)又はビデオテープレコーダに替わる次世代の映像記録装置(いわゆるDVDレコーダ)としてのさらなる普及が期待されている。

【0003】

このような書き込み又は書き換えが可能なDVD装置において、データの読み出し又は書き換えを行うためのピックアップ光源には、波長が約650nmの赤色光を放射する半導体レーザ装置が用いられている。近年では、DVD装置の書き込み速度を向上するため、半導体レーザ装置に100mWを超える高出力での動作が要求される。

【0004】

ここで、赤色光を放出する半導体レーザ装置において活性層及びクラッド層には、III族元素にアルミニウム(Al)、ガリウム(Ga)及びインジウム(In)のうちの少なくとも1つを含み、V族元素にリンを含むIII-V族化合物半導体であるAlGaInP系の化合物半導体が用いられている。

【0005】

図8は従来のAlGaInP系の化合物半導体からなる半導体レーザ装置の断面構成を示している。図8に示すように、従来の半導体レーザ装置は、ヒ化ガリウム(GaAs)からなるn型基板101、n型AlGaInPからなるn型クラッド層102、GaInPからなる井戸層とAlGaInPからなる障壁層とが交互に積層された多重量子井戸層103aとその上下に形成されたAlGaInPからなる光ガイド層103bとによって構成された活性層103、p型Al

GaInPからなる第1のp型クラッド層104、p型GaInPからなるエッチングストップ層105、リッジ状に形成されたp型AlGaInPからなる第2のp型クラッド層106、p型GaInPからなる第1のコンタクト層107、第2のp型クラッド層106を挟むように形成されたn型AlInPからなる第1の電流ブロック層108、n型GaAsからなる第2の電流ブロック層109及びp型GaAsからなる第2のコンタクト層110によって構成されている。

【0006】

また、n型基板101の下側には該n型基板101とオーミック接触する金属材料からなるn側電極111が形成され、第2のコンタクト層109の上側には該第2のコンタクト層110とオーミック接触する金属材料からなるp側電極112が形成されている。

【0007】

従来の半導体レーザ装置において、n側電極111とp側電極112とに所定の電圧を印加することによりp側電極112から注入される電流成分は、リッジ状の第2のp型クラッド層106と第1の電流ブロック層108及び第2の電流ブロック層108とのpn接合により狭窄され、第2のp型クラッド層105から第1のp型クラッド層104を経て活性層103に到達し、活性層103に発光性の再結合が生じて井戸層のバンドギャップと対応する波長が約650nmのレーザ光が放出される。この際、第2のp型クラッド層106と、第1のp型クラッド層104、活性層103及びn型クラッド層102からなる積層構造が共振器となる。

【0008】

従来の半導体レーザ装置において、高出力で動作可能とするためには、第1のp型クラッド層104にp型不純物を高濃度に添加することが重要である。第1のp型クラッド層104の不純物濃度が低いと、n側電極111から活性層103に注入される電子が活性層103から第1のp型クラッド層104に流出（オーバーフロー）するため、しきい値電流及び動作電流が低下して十分な出力を得られない。

【0009】

しかし、第1のp型クラッド層104にp型不純物を高濃度に添加すると、p型不純物が活性層103に拡散して非発光性の再結合中心となるため、半導体装置の温度特性が劣化すると共に信頼性が低下する。

【0010】

そこで、活性層103と第1のp型クラッド層104との間にアンドープのスペーサ層を設けることにより、第1のp型クラッド層104のp型不純物濃度を高くしてもp型不純物の活性層103への拡散を防止できる（例えば、特許文献1参照）。

【0011】

また、第1のp型クラッド層104及び第2のp型クラッド層106に拡散係数が小さいマグネシウム(Mg)を添加することにより、p型不純物が活性層103に拡散されにくくなるため、各半導体層のp型不純物濃度を大きくすることができる。

【0012】

【特許文献1】

特開2000-286507号公報

【特許文献2】

特開平11-284280号公報

【特許文献3】

特開平10-290043号公報

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前記従来の半導体レーザ装置は、リッジ状の第2のp型クラッド層106において狭窄された電流が、第1のp型クラッド層104を通過する際に、第1のp型クラッド層104の内部を拡散されながら活性層103に到達するため、第1のp型クラッド層104における第2のp型クラッド層105の下側部分以外の領域にも拡散してしまう。従って、活性層103において、第2のp型クラッド層105の下側部分以外の領域では電流密度が低いためレーザ発

振の利得を得られない無効電流となる。

【0014】

このように、前記従来の半導体レーザ装置は、活性層の上に形成されたクラッド層の内部において電流が拡散することにより無効電流が生じているため、発光効率が低下してしきい値電流及び動作電流が増大するので、高出力を得られないという問題を有している。

【0015】

特に、第1のp型クラッド層104の不純物濃度を高くして電子のオーバーフローを抑制しようとする、第1のp型クラッド層104の電気伝導性が高くなるため、第1のp型クラッド層104と平行な方向にも電流が拡散しやすくなるので無効電流が増大してしまう。

【0016】

本発明は、前記従来の問題を解決し、半導体レーザ装置において、クラッド層の内部で電流が拡散することによって生じる無効電流を低減して高出力動作が可能となるようにすることを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】

前記の目的を達成するため、本発明は、活性層の上に形成されたクラッド層において、その抵抗率を相対的に大きくする構成とする。

【0018】

具体的に、本発明に係る半導体レーザ装置は、活性層と、活性層の上に形成され且つ第1の不純物が添加された第1のクラッド層と、第1のクラッド層の上に形成され且つ第2の不純物が添加された第2のクラッド層とを備え、第1のクラッド層の抵抗率は第2のクラッド層の抵抗率よりも大きい。

【0019】

本発明の半導体レーザ装置によると、第1のクラッド層の抵抗率が第2のクラッド層の抵抗率よりも大きくされているため、半導体レーザ装置の駆動電流が第1のクラッド層の内部を拡散しにくくなるため、無効電流が低減されて活性層に効率良く電流が注入されるようになり、高出力動作が可能となる。また、第2のク

ラッド層の抵抗率は小さいので半導体レーザ装置の直列抵抗を低減することができ、半導体レーザ装置のしきい値電流及び動作電流を低減して高出力に動作することが可能となる。

【 0 0 2 0 】

本発明の半導体レーザ装置において、第1のクラッド層及び第2のクラッド層は移動度がほぼ同一の化合物半導体からなることが好ましい。このようにすると、第1のクラッド層及び第2のクラッド層において、添加する不純物の違いによりその抵抗率を設定することができ、第1のクラッド層の抵抗率を第2のクラッド層の抵抗率よりも大きくすることができる。

【 0 0 2 1 】

本発明の半導体レーザ装置において、第1のクラッド層及び第2のクラッド層はリンを含む化合物半導体からなり、第1の不純物は亜鉛であり、第2の不純物はマグネシウムであることが好ましい。このようにすると、亜鉛はマグネシウムと比べてリンを含む化合物半導体のキャリア移動度を低下する程度が大きいドーパントであるため、第1のクラッド層の抵抗率が第2のクラッド層よりも大きくなる。また、リンを含む化合物半導体においてマグネシウムの拡散係数は亜鉛よりも小さいため、第2のクラッド層に添加された不純物が活性層側に拡散することを抑制しながら、第2のクラッド層の不純物濃度を大きくして半導体レーザ装置の直列抵抗を低減することができる。

【 0 0 2 2 】

本発明の半導体レーザ装置において、第1のクラッド層における第1の不純物の濃度は、 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上且つ $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましい。このようにすると、第1のクラッド層の抵抗率を低減しながらも第1の不純物の活性層への拡散を確実に抑制することができる。

【 0 0 2 3 】

本発明の半導体レーザ装置において、第1のクラッド層は第1の不純物よりも拡散係数が小さい第3の不純物をも含むことが好ましい。このようにすると、第1のクラッド層における不純物濃度を大きくすることができるため、活性層に注入されたキャリアが第1のクラッド層にオーバーフローすることを抑制すること

ができるので、半導体レーザ装置の温度特性を向上することができる。

【0024】

本発明の半導体レーザ装置において、第1のクラッド層及び第2のクラッド層はリンを含む化合物半導体からなり、第1の不純物は亜鉛であり、且つ第2の不純物及び第3の不純物は共にマグネシウムであることが好ましい。

【0025】

本発明の半導体レーザ装置において、第1のクラッド層における第1の不純物と第3の不純物を合わせた濃度は、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上且つ $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましい。

【0026】

本発明の半導体レーザ装置において、第1のクラッド層及び第2のクラッド層はヒ素を含む化合物半導体からなり、第1の不純物は炭素であり、第2の不純物はマグネシウムであることが好ましい。

【0027】

本発明の半導体レーザ装置において、第2のクラッド層は、第1のクラッド層の上にリッジ状に形成されていることが好ましい。

【0028】

本発明の半導体レーザ装置において、第2のクラッド層は、その下部がストライプ状に形成されていることが好ましい。

【0029】

本発明の半導体レーザ装置の製造方法は、基板上に活性層を形成する工程と、活性層の上に第1の不純物を添加しながら第1のクラッド層を形成する工程と、第1の第1のクラッド層の上に第2の不純物を添加しながら第2のクラッド層を形成する工程を備え、第1のクラッド層の抵抗率を第2のクラッド層の抵抗率よりも大きくする。

【0030】

本発明の半導体レーザ装置の製造方法によると、第1のクラッド層の抵抗率を第2のクラッド層の抵抗率よりも大きくしているため、第1のクラッド層の内部を拡散する電流成分が低減されるので、高出力動作が可能な半導体レーザ装置を

得ることができる。

【0031】

本発明の半導体レーザ装置の製造方法において、第1のクラッド層及び第2のクラッド層はリンを含む化合物半導体からなり、第1の不純物は亜鉛であり、第2の不純物はマグネシウムであることが好ましい。

【0032】

本発明の半導体レーザ装置の製造方法において、第1のクラッド層を形成する工程は、第1の不純物に加えて第3の不純物をも添加することが好ましい。

【0033】

本発明の半導体レーザ装置の製造方法において、第1のクラッド層及び第2のクラッド層はリンを含む化合物半導体からなり、第1の不純物は亜鉛であり、第2の不純物及び第3の不純物は共にマグネシウムであることが好ましい。

【0034】

【発明の実施の形態】

（第1の実施形態）

本発明の第1の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、本明細書において AlGaInP とは、III族元素にアルミニウム（Al）、ガリウム（Ga）及びインジウム（In）のうちの少なくとも1つを含み、且つV族元素にリン（P）を含む化合物のことである。また、 AlGaInP においてAlを含まない場合を特に GaInP と表し、Gaを含まない場合を特に AlInP と表す。また、 AlGaAs とは、III族元素にAl及びGaのうちの少なくとも1つを含み、且つV族元素にヒ素（As）を含む化合物のことである。

【0035】

図1は本発明の第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の構成断面を示している。図1において、矢印は半導体レーザ装置の駆動時における電流の移動経路を示している。

【0036】

図1に示すように、厚さが約 $100\mu\text{m}$ のヒ化ガリウム（GaAs）からなるn型基板11の上には、膜厚が約 $2\mu\text{m}$ のn型 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.5}\text{P}$ から

なるn型クラッド層12、アンドープの AlGaInP からなる多重量子井戸構造を有する活性層13、膜厚が約 $0.2\mu\text{m}$ のp型 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる第1のp型クラッド層14及び膜厚が約 10nm のp型 $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなるエッチングストップ層15が順次結晶成長されている。また、エッチングストップ層15の上には、膜厚が約 $1\mu\text{m}$ のp型 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなり、リッジ状に形成された第2のp型クラッド層16と膜厚が約 50nm のp型 $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる第1のコンタクト層17が形成されている。

【0037】

エッチングストップ層15の上側における第2のp型クラッド層16及び第1のコンタクト層17の側方部分には、第2のp型クラッド層16及び第1のコンタクト層17の壁面に沿って、膜厚が約 $0.3\mu\text{m}$ のn型 $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる第1の電流ブロック層18及び膜厚が約 $0.3\mu\text{m}$ のn型 GaAs からなる第2の電流ブロック層19が順次積層されている。さらに、第1のコンタクト層17及び第2の電流ブロック層19の上には膜厚が約 $3\mu\text{m}$ のp型 GaAs からなる第2のコンタクト層20が形成されている。

【0038】

また、n型基板11の下側には、例えば Au 、 Ge 及び Ni を含む合金からなり、n型基板11とオーミック接触する金属材料からなるn側電極21が形成されており、第2のコンタクト層20の上側には、 Cr 、 Pt 及び Au を含む合金からなり、第2のコンタクト層20とオーミック接触する金属材料からなるp側電極22が形成されている。

【0039】

ここで、活性層13は、 $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる膜厚が約 6nm の井戸層及び $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.25}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる膜厚が約 5nm の障壁層が交互に積層された多重量子井戸層13aと、該多重量子井戸層13aを上下に挟む膜厚が約 30nm の $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.25}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる光ガイド層13bとによって構成されている。

【0040】

n型クラッド層12、第1のp型クラッド層14及び第2のp型クラッド層16は、活性層13を構成する半導体層と比べてバンドギャップが大きい半導体材料により構成されており、活性層13にギャリアが閉じ込められる。AlGaInP系の半導体材料では、Alの組成を相対的に大きくすることによりバンドギャップを大きくすることができる。なお、第1のp型クラッド層及び第2のp型クラッド層には組成が同一の化合物半導体を用いているが、活性層13を構成する半導体層と比べてバンドギャップが大きくなるようにそれぞれのAlとGaとの組成比を調整してもよい。

【0041】

第1の実施形態の半導体レーザ装置は、第2のp型クラッド層16がリッジ状に形成されることにより、n型クラッド層12、活性層13、第1のp型クラッド層14及びエッチングストップ層15における第2のp型クラッド層16の下側部分と第2のp型クラッド層16とが導波路となるいわゆるリッジストライプ型導波路構造である。また、第1の電流ブロック層18にAlInPを用いることにより、実屈折率型の導波路としている。

【0042】

エッチングストップ層15は、第2のp型クラッド層16をリッジ状に形成する際に第1のp型クラッド層14がエッチングされないように、第2のp型クラッド層16とのエッチング選択比が大きくなるようにAlの組成が小さい半導体材料により構成されている。

【0043】

また、第2のコンタクト層20は金属材料とのオーミック接触が容易となるようにGaAsが用いられ、第1のコンタクト層17は第2のp型クラッド層16と第2のコンタクト層20とバンド不連続を緩和する。

【0044】

前述のように構成された半導体レーザ装置の各層における具体的なドーパント種及びドーパント濃度を表1に示す。

【0045】

【表 1】

半導体層	厚さ	化合物組成	ドーピング条件	
			ドーパント	濃度 (cm ⁻³)
第2のコンタクト層	3 μm	GaAs	Zn	3×10 ¹⁸
第2の電流ブロック層	0.3 μm	GaAs	Si	1×10 ¹⁸
第1の電流ブロック層	0.3 μm	Al _{0.5} In _{0.5} P	Si	1×10 ¹⁸
第1のコンタクト層	50nm	Ga _{0.5} In _{0.5} P	Mg	1×10 ¹⁸
第2のp型クラッド層	1 μm	Al _{0.35} Ga _{0.15} In _{0.5} P	Mg	1×10 ¹⁸
エッチングストップ層	10nm	Ga _{0.5} In _{0.5} P	Mg	1×10 ¹⁸
第1のp型クラッド層	0.2 μm	Al _{0.35} Ga _{0.15} In _{0.5} P	Zn	5×10 ¹⁷
活性層				
・量子井戸層				
井戸層	各層6nm	Ga _{0.5} In _{0.5} P	—	—
障壁層	各層5nm	Al _{0.25} Ga _{0.25} In _{0.5} P	—	—
・光ガイド層	各層30nm	Al _{0.25} Ga _{0.25} In _{0.5} P	—	—
n型クラッド層	2 μm	Al _{0.35} Ga _{0.15} In _{0.5} P	Si	1×10 ¹⁸
n型基板	100 μm	GaAs	Si	1×10 ¹⁸

【0046】

表1に示すように、第1の実施形態の半導体レーザ装置において、p型ドーパントは第1のp型クラッド層14及び第2のコンタクト層20には亜鉛 (Zn) が添加され、エッチングストップ層15、第2のp型クラッド層16及び第1のコンタクト層17にはマグネシウム (Mg) を用いている。また、第1のp型クラッド層14のドーピング濃度は約 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であり、第2のp型クラッド層16のドーピング濃度は約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。また、n型のドーパントには濃度が約 1×10^{18} のシリコン (Si) を用いている。

【0047】

また、第2のコンタクト層20のドーパントにZnを用いている。これは、AlGaAs系の半導体のドーパントとしてMgを用いると、Mg原料の供給を開始しても半導体にMgが添加されないドーピング遅れと呼ばれる不具合又はMg原料の供給を停止した後にも半導体にMgが添加されるメモリ効果と呼ばれる不

具合が生じて所定のドーピング濃度を得られないためである。なお、AlGaInP系の半導体からなる各半導体層のドーパントにMgを用いてもドーピング遅れ及びメモリ効果が生じることはなく、所望のドーピング濃度を得られる。

【0048】

第1の実施形態の半導体レーザ装置は、n側電極21とp側電極22との間に所定の電圧を印加することにより、p側電極から注入された正孔が第1の電流ブロック層18及び第2の電流ブロック層19と第2のp型クラッド層16とのpn接合により狭窄されて、第1のp型クラッド層14を経て活性層13に到達する。これにより、活性層13における第2のp型クラッド層16の下側部分で高密度に正孔が注入され、n側電極21から注入される電子との発光性の再結合が生じて、井戸層のバンドギャップと対応する波長が約650nmのレーザ光を発振する。

【0049】

第1の実施形態の特徴として、第1のp型クラッド層14に添加するドーパント（第1の不純物）としてZnを用い、第2のp型クラッド層16に添加するドーパント（第2の不純物）としてMgを用いる。これにより、第1のp型クラッド層14と第2のp型クラッド層16とに組成が同一の半導体材料を用いる場合であっても、第1のp型クラッド層14の抵抗率を第2のp型クラッド層16の抵抗率よりも大きくなるように形成されている。

【0050】

一般に、半導体の抵抗率はキャリア濃度と移動度の積に反比例する。ここで、第1のp型クラッド層14及び第2のp型クラッド層16において、それぞれのドーピング濃度は半導体レーザ装置の電気的特性を実現するために所定の値に設定されるため、キャリア濃度を調整することにより抵抗率を設定することは困難である。

【0051】

また、化合物半導体の移動度は化合物組成により異なるが、第1のp型クラッド層14及び第2のp型クラッド層16は、活性層13よりもバンドギャップが大きくなるような化合物組成に設定されるため、第1のp型クラッド層14を構

成する化合物半導体と第2のp型クラッド層16とを構成する化合物半導体との化合物組成を調整しても移動度に差を設けることは困難である。

【0052】

従って、第1の実施形態の半導体レーザ装置では、移動度がほぼ同一の化合物半導体からなる第1のp型クラッド層14及び第2のp型クラッド層16において、それぞれに用いるドーパントの種類を変更することにより移動度を調整してそれぞれの抵抗率が設定されている。

【0053】

以下、第1の実施形態に係る第1のp型クラッド層14及び第2のp型クラッド層16におけるドーパントと抵抗率との関係について図面を参照しながら説明する。

【0054】

図2は、p型AlGaInPからなる半導体におけるp型不純物のドーピング濃度とキャリアの移動度との関係を示すグラフである。図2において、横軸はp型AlGaInPからなる半導体層のドーピング濃度を表し、縦軸は半導体層中のキャリアの移動度を表している。また、ドーパントとして、Mgのみを添加する場合（実線）、Znのみを添加する場合（一点鎖線）及びMgとZnとを1:1に混合して添加する場合（点線）を示している。

【0055】

図2に示すように、いずれのドーパントにおいても、ドーピング濃度が高くなるほどキャリアの移動度は低下する。これはp型AlGaInPからなる半導体において、不純物が添加されていると、半導体の内部においてキャリアが不純物散乱により散乱されるためである。また、ドーパントが化合物半導体の移動度を低減する効果は、ドーパントの種類によって異なり、AlGaInP系の半導体材料では、Znを添加する場合よりもMgを添加する場合の方がキャリアの移動度が大きい。

【0056】

すなわち、第1の実施形態の半導体レーザ装置は、第1のp型クラッド層14にキャリアを散乱する効果が大きいZnを添加し、第2のp型クラッド層16に

キャリアを散乱する効果が小さいMgを添加することにより、第1のp型クラッド層14の抵抗率が第2のp型クラッド層16の抵抗率よりも大きくなるように設定されている。

【0057】

次に、第1のp型クラッド層14の抵抗率を上昇することによる効果について図面を参照しながら説明する。

【0058】

図3は、第1の実施形態の半導体レーザ装置において、第1のp型クラッド層14の抵抗率を変更した場合の半導体レーザ装置のしきい値電流の変化を示している。図3において、横軸は第1のp型クラッド層14の抵抗率を表し、縦軸は半導体レーザ装置のしきい値電流値を示している。

【0059】

図3に示すように、第1のp型クラッド層14の抵抗率が大きくなるほど半導体レーザ装置のしきい値電流が小さくなることが明らかである。これは、第1のp型クラッド層14の抵抗率が大きくなることにより、第1のp型クラッド層14の内部で拡散が生じにくくなるため、第2のp型クラッド層16から活性層13に到達する電流成分の経路のうちの第2のp型クラッド層16の側方を通る電流成分が減少するので、第2のp型クラッド層16の下側部分の電流密度が増大し、活性層13に効率良く電流が注入されるようになるためである。

【0060】

つまり、図1において矢印で示すように、第1の電流ブロック層18及び第2の電流ブロック層19により狭窄された電流は、第2のp型クラッド層16から、第1のp型クラッド層14の内部でほとんど拡散されることがなく活性層13における第2のp型クラッド層16の下側部分に到達する。

【0061】

これにより、活性層13における第2のp型クラッド層16の下側部分で効率良く発光性の再結合が生じるため、半導体レーザ装置のしきい値電流及び動作電流が低下し、高出力の半導体レーザ装置が実現可能である。

【0062】

ここで、エッチングストップ層15にはMgが高濃度に添加されているが、その膜厚は約10nmであり極めて薄いため、不純物濃度を高くしても電流の側方への拡散はほとんど生じない。

【0063】

さらに、MgはAlGaInPに対して拡散係数が小さいドーパントであるため、第2のp型クラッド層16から活性層13側への拡散はほとんど生じない。従って、第2のp型クラッド層16の濃度を約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ という高濃度に設定することができる。さらに、図2に一点鎖線で示すように、AlGaInP系の半導体材料では、Mgを添加する方がZnを添加するよりもキャリアの移動度が大きいため、第2のp型クラッド層16の低抵抗化が可能であり、半導体レーザー装置の直列抵抗を小さくすることができる。

【0064】

具体的に、第1の実施形態の半導体レーザー装置では、AlGaInPからなる第1のp型クラッド層14に濃度が約 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のZnを添加することにより、その抵抗率が約 $0.5 \Omega \text{ cm}$ となるように設定されている。このとき半導体レーザー装置のしきい値は、図3に示すように、40mAよりも小さい値となり、環境温度が約70℃の条件においても出力が飽和することなく、120mWもの高出力で動作可能である。

【0065】

なお、第1のp型クラッド層14に添加するZnの濃度は $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 程度にすることが好ましい。Znの濃度が $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ よりも小さいと第1のp型クラッド層14における電子に対する電位障壁を十分に確保することができず、n側電極から注入された電子が、活性層13から第1のp型クラッド層14にオーバーフローしてしまう。また、ZnはAlGaInPに対して拡散係数が大きいドーパントであるため、その濃度が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ よりも大きいと、第1のp型クラッド層14から活性層13への拡散し、活性層13の結晶性が劣化して半導体レーザー装置の信頼性が低下するおそれがある。

【0066】

以上説明したように、第1の実施形態の半導体レーザー装置によると、第1のp

型クラッド層 1 4 が相対的に高抵抗に形成されているため、第 1 のクラッド層でキャリアの散乱が生じにくい。これにより、半導体レーザ装置のしきい値電流及び動作電流が低下し、温度特性が向上すると共に高出力の動作が可能となる。

【 0 0 6 7 】

なお、第 1 の実施形態では第 1 の p 型クラッド層 1 4 に亜鉛を用い、第 2 の p 型クラッド層 1 6 にマグネシウムを用いているが、第 1 の p 型クラッド層 1 4 及び第 2 の p 型クラッド層 1 6 に用いる不純物は、それぞれ、第 1 の p 型クラッド層 1 4 においてはキャリアを散乱する効果が相対的に大きく、第 1 の p 型クラッド層 1 4 においてはキャリアを散乱する効果が相対的に小さくなるような組み合わせであればよい。

【 0 0 6 8 】

また、第 1 の p 型クラッド層 1 4 の厚さ方向の全体にわたって Zn が添加される必要はなく、第 1 の p 型クラッド層 1 4 の下部には Zn をドーピングし、上部には Mg をドーピングするように構成してもよい。このようにしても、第 1 の p 型クラッド層 1 4 の上部では電流が拡散するが、下部においては電流の拡散を抑制することができるため、マグネシウムのみを厚さ方向の全体にわたって添加する場合と比べて高密度の電流が活性層 1 3 に注入される。

【 0 0 6 9 】

また、第 1 の実施形態において、n 型基板 1 1 に換えて、p 型 GaAs からなる基板を用いてもよい。

【 0 0 7 0 】

また、第 1 の実施形態では AlGaInP からなる各半導体層において、n 型基板 1 1 と格子整合するために In の組成を約 0.5 としているが、In の組成が 0.45 以上 0.55 以下の範囲にあれば AlGaInP からなる各半導体層は n 型基板 1 1 と格子整合する。

【 0 0 7 1 】

また、第 1 の電流ブロック層 1 8 の構成材料に AlInP に換えて GaAs を用いることにより、複素屈折率型の導波構造としてもよい。

【 0 0 7 2 】

また、活性層13は、多重量子井戸層13aを用いる構成に限られず、GaInPからなる井戸層を1層のみ形成する単一量子井戸構造の活性層又は単一構造のバルク活性層であってもよい。

【0073】

(第1の実施形態の製造方法)

以下、第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法について図面を参照しながら説明する。

【0074】

図4(a)、図4(b)、図5(a)及び図5(b)は、第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法における工程順の断面構成を示している。なお、図4(a)、図4(b)、図5(a)及び図5(b)において、図1と同一の構成部材はと同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0075】

まず、図4(a)に示すように、n型基板11の上に、例えば有機金属気相成長(MOCVD: Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法により、n型クラッド層12、活性層13、第1のp型クラッド層14、エッチングストップ層15、第2のp型クラッド層形成層16A、第1のコンタクト層形成層17A及びGaAsからなるキャップ層31を順次成長する。ここで、キャップ層31により、次のフォトリソグラフィ工程に移行するまでの間に第1のコンタクト層形成層17Aの表面が酸化されることを防止できる。

【0076】

MOCVD法による各半導体層の形成工程において、III族化合物の原料として、トリエチルガリウム(TEG)、トリメチルアルミニウム(TMA)及びトリメチルインジウム(TMI)、V族化合物の原料としてホスフィン(PH_3)及びアルシン(AsH_3)を用い、これらの原料を、水素をキャリアガスとして石英からなる反応管に導入する。反応管内圧力が約 1.0×10^4 Pa (約76 Torr)、基板温度が約750℃の条件下において、供給する原料及び原料の供給量を適宜切り替えることにより各半導体層を順次結晶成長させる。また、各半導体層の結晶成長中に、p型不純物の原料として、例えばジメチル亜鉛(Zn(

$\text{CH}_3)_2$) 又はビスシクロペンタジエニルマグネシウム ($(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg}$) を導入することにより、所望の p 型不純物を半導体層中に添加できる。

【0077】

次に、図 4 (b) に示すように、キャップ層 31 をエッチング除去した後、CVD 法により第 1 のコンタクト層形成層 17A の上にマスクパターン形成用のシリコン酸化膜を形成し、形成したシリコン酸化膜をフォトリソグラフィ法及びドライエッチング法によりパターンニングしてストライプ状のマスクパターン 32 を形成する。

【0078】

次に、図 5 (a) に示すように、マスクパターン 32 を用いたエッチングにより、第 1 のコンタクト層形成層 17A 及び第 2 の p 型クラッド層形成層 16A を順次選択的に除去することにより、第 2 の p 型クラッド層形成層 16A からリッジ状の第 2 の p 型クラッド層 16 を形成し、第 1 のコンタクト層形成層 17A から第 2 の p 型クラッド層 16 の上面を覆う第 1 のコンタクト層 17 を形成する。

【0079】

ここで、第 1 のコンタクト層 17 に対するエッチング剤として、例えば塩酸系のエッチング剤を用いればよい。また、第 2 の p 型クラッド層 16 に対する選択的エッチングは、GaInP に対する AlGaInP のエッチング選択比が大きいエッチング剤として、例えば硫酸系のエッチング剤を用いることにより、下層であるエッチングストップ層 15 はほとんどエッチングされない。これにより、第 2 の p 型クラッド層 16 をリッジ状に形成することができる。

【0080】

次に、図 5 (b) に示すように、MOCVD 法により、エッチングストップ層 15 の上に、第 2 の p 型クラッド層 16 及び第 1 のコンタクト層 17 の側面とマスクパターン 32 の上面とを含むように、第 1 の電流ブロック層 18 及び第 2 の電流ブロック層 19 を順次結晶成長した後、マスクパターン 32 に対するリフトオフを行って、第 1 の電流ブロック層 18 及び第 2 の電流ブロック層 19 におけるマスクパターン 32 の上側部分をマスクパターン 32 と同時に除去して第 1 のコンタクト層 17 を露出する。

【 0 0 8 1 】

その後、MOCVD法により、第1のコンタクト層17及び第2の電流ブロック層19上に第2のコンタクト層20を結晶成長した後、例えば電子線蒸着法により、n型基板11の下側に金属材料を蒸着してn側電極21を形成し、同様に第2のコンタクト層20の上側に金属材料を蒸着してp側電極22を形成する。これにより、図1に示す第1の実施形態の半導体レーザ装置が完成する。

【 0 0 8 2 】

第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法の特徴は、第1のp型クラッド層14の抵抗率が第2のp型クラッド層16の抵抗率よりも大きくなるように互いに異なる不純物を添加することにより、第1のp型クラッド層14の形成にはZnを添加しながら行い、第2のp型クラッド層16の形成時にはMgを添加しながら行う。

【 0 0 8 3 】

なお、各半導体層の形成はMOCVD法に限られず、分子線エピタキシ(MBE: Molecular Beam Epitaxy)法を用いてもよい。

【 0 0 8 4 】

(第1の実施形態の第1変形例)

以下、第1の実施形態の第1変形例に係る半導体レーザ装置について説明する。

【 0 0 8 5 】

第1の実施形態の第1変形例の半導体レーザ装置は図1に示す第1の実施形態の半導体レーザ装置と同一の構成であり、第1のp型クラッド層14に添加するドーパントを、Znに加えてMgをも添加する点が異なっている。なお、各半導体層の化合物組成及び膜厚は表1に示すそれぞれの化合物組成及び膜厚と同一であり、第1のp型クラッド層14を除く各半導体層のドーパント及びドーピング濃度は表1に示すそれぞれのドーパント及びドーピング濃度と同一である。以下の説明では第1の実施形態との差異について説明する。

【 0 0 8 6 】

第1の実施形態の第1変形例の半導体レーザ装置では、第1のp型クラッド層

14のドーパントとして、Znに加えて、第3の不純物としてMgがさらに添加されている点が第1の実施形態と異なっている。なお、第1のp型クラッド層14において、ZnとMgと合わせたp型不純物の濃度が約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であり、それぞれの濃度が約 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ となるように、すなわち、ZnとMgとの混合比が1:1となるように添加されている。

【0087】

以下、MgとZnとを混合して添加することが半導体層の抵抗率に与える効果について図2を用いて説明する。図2において点線で示すように、AlGaInP系の半導体にMgとZnとが1:1の混合比で添加されている場合、キャリアの散乱効果の小さいMgを添加しているにも拘わらず、キャリアの移動度はZnのみを添加した場合と比べてわずかに上昇する程度である。

【0088】

これは、半導体材料中に複数の不純物が存在する場合、不純物によるキャリアの散乱は、その効果が相対的に大きい不純物種の濃度が反映されるためと考えられる。つまり、AlGaInPからなる半導体にpドーパントとしてZnとMgとを添加する場合、キャリアの散乱の効果はほぼZnの濃度によって決まると言える。従って、第1のp型クラッド層14の抵抗率は、濃度が約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のZnを添加する場合とほぼ同じ値となる。

【0089】

さらに、MgとZnとを約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ という高い濃度で第1のp型クラッド層14に添加することにより、第1のp型クラッド層14の活性層に対する電位障壁が増大するため、活性層13に注入された電子が第1のp型クラッド層14にオーバーフローすることを効果的に抑制できる。ここで、Znの濃度は約 $5 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-3}$ であるため活性層13への不純物の拡散は抑制されており、またMgは拡散係数が小さいため活性層13にほとんど拡散しない。従って、第1のp型クラッド層14にドーピング濃度を第1の実施形態よりも大きくしても、活性層13に拡散する不純物の量はほとんど増加しない。

【0090】

以上説明したように、第1の実施形態の第1変形例の半導体レーザ装置による

と、第1のp型クラッド層14のドーパントとして、キャリアを散乱する効果が相対的に大きいドーパントであるZnに加えて、キャリアを散乱する効果がZnよりも小さいドーパントであるMgが添加されているため、高い抵抗率を確保しながらも活性層13の電子に対する電位障壁を第1の実施形態よりも大きくすることができ、半導体レーザ装置の信頼性を向上することが可能である。

【0091】

なお、第1の実施形態の第1変形例において、第1のp型クラッド層14に添加するMgとZnとの混合比は1:1に限られず、Znの比率が大きいほど抵抗率が大きくなり、またMgの比率が大きいほど活性層への不純物の拡散を抑制しつつより高濃度に添加できるので電子のオーバーフローを抑制する効果が高くなる。

【0092】

また、MgとZnとを合わせたp型不純物の濃度は $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上且つ $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下の範囲であることが好ましい。MgとZnとを合わせたp型不純物の濃度を $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上とすることにより、第1の実施形態よりも電子のオーバーフローを抑制する効果が高くなる。また、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上とすると、第1のp型クラッド層14から活性層13にp型不純物が拡散し、半導体レーザ装置の信頼性が低下する。

【0093】

また、第1の実施形態の第1変形例において、第1のp型クラッド層14に添加する不純物は、MgとZnとの組み合わせに限られず、いずれかの不純物が、第2のp型クラッド層16に添加される不純物よりもキャリアを散乱する効果が大きい不純物であればよい。また、第1のp型クラッド層14に添加する不純物のうち、キャリアを散乱する効果が小さい方の不純物は、キャリアを散乱する効果が大きい方の不純物と比べて、その拡散係数が相対的に小さいことが好ましい。

【0094】

(第1の実施形態の第2変形例)

以下、第1の実施形態の第2変形例に係る半導体レーザ装置について図面を参

照しながら説明する。

【0095】

図6は第1の実施形態の第2変形例に係る半導体レーザ装置の断面構成を示している。なお、図6において図1と同一の構成部材については同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0096】

図6に示すように、n型基板11の上には、n型クラッド層12、多重量子井戸構造を有する活性層13、第1のp型クラッド層14及びエッチングストップ層15が順次結晶成長されている。エッチングストップ層15の上には、ストライプ状の溝部が形成された膜厚が約 $0.3\mu\text{m}$ のn型 $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる電流ブロック層41と、該電流ブロック層41の上に溝部を埋めるようにその下部がストライプ状に形成された膜厚が約 $2\mu\text{m}$ のp型 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる第2のp型クラッド層42とが形成されている。また、第2のp型クラッド層42の上には、膜厚が約 50nm のp型 $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる第1のコンタクト層43及び第2のコンタクト層20が順次積層されており、n型基板11の下側にはn側電極21が形成され、第2のコンタクト層20の上側にはp側電極22が形成されている。

【0097】

第1の実施形態の第2変形例に係る半導体レーザ装置は、クラッド層の内部に電流ブロック層が形成された、いわゆる内部ストライプ型の導波路構造を有する半導体レーザ装置として形成されており、n側電極21とp側電極22との間に所定の電圧を印加することにより、p側電極から注入された電流が電流ブロック層41により狭窄されて活性層13に到達し、発光性の再結合が生じて活性層13の井戸層のバンドギャップと対応する波長が約 650nm のレーザ光を発振する。

【0098】

ここで、第1の実施形態では第2のp型クラッド層16がリッジ状に形成するため、その膜厚がリッジ上部の幅により制限されるのに対し、第1の実施形態の第2の変形例では内部ストライプ型の導波路構造とすることにより、第2のp型

クラッド層42の膜厚を大きくすることができる。これにより、活性層13と第2のコンタクト層20との間の距離を大きくすることができるため、活性層13から発振されたレーザ光がGaAsからなる第2のコンタクト層20によって吸収されることによる吸収損失を低減することができる。

【0099】

第1の実施形態の第2変形例に係る半導体レーザ装置において、第1のp型クラッド層14には濃度が約 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のZnが添加され、第2のp型クラッド層42には濃度が約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のMgが添加されているため、第1のp型クラッド層14の抵抗率を大きくしてその内部を拡散することによって発生する無効電流を低減できると共に、第2のp型クラッド層42のドーピング濃度を大きくして半導体レーザ装置の直列抵抗を低減することが可能となる。

【0100】

なお、第1のp型クラッド層14のドーパントとしてZnのみを用いる構成に限られず、ZnとMgとを混合して用いてもよい。第1のp型クラッド層14にZnとMgとを添加することにより、第1のp型クラッド層14に高い抵抗率を確保しながらも、活性層13の電子に対する電位障壁を大きくすることが可能となり、半導体レーザ装置の信頼性が向上する。

【0101】

(第2の実施形態)

以下、第2の実施形態に係る半導体レーザ装置について図面を参照しながら説明する。

【0102】

図7は本変形例に係る半導体レーザ装置の断面構成を示している。なお、図7において図1と同一の構成部材については同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0103】

図7に示すように、厚さが約 $100 \mu\text{m}$ のn型GaAsからなるn型基板51の上には、厚さが約 $2.5 \mu\text{m}$ のn型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ からなるn型クラッド層52、多重量子井戸構造を有する活性層53、膜厚が約 $0.1 \mu\text{m}$ のp型Al

0.5Ga_{0.5}As からなる第1のp型クラッド層54、膜厚が約10nmのp型Al_{0.2}Ga_{0.8}As からなるエッチングストップ層55及び膜厚が約1μmのp型Al_{0.5}Ga_{0.5}As からなり、リッジ状に形成された第2のp型クラッド層56が順次結晶成長されている。第2のp型クラッド層56の側面上を含むエッチングストップ層55の上には、膜厚が約0.7μmのn型Al_{0.6}Ga_{0.4}As からなる電流ブロック層57が形成されており、該電流ブロック層57及び第2のp型クラッド層56の上には厚さが約3μmのp型GaAs からなるコンタクト層58が形成されている。

【0104】

また、n型基板51の下側には、例えばAu、Ge及びNiを含む合金からなり、n型基板51とオーミック接触するn側電極59が形成されており、コンタクト層58の上側には、Cr、Pt及びAuを含む合金からなり、コンタクト層58とオーミック接触するp側電極60が形成されている。

【0105】

ここで、活性層53は、アンドープのGaAs からなる膜厚が約3nmの井戸層及びアンドープのAl_{0.3}Ga_{0.7}As からなる膜厚が約8nmの障壁層が交互に積層された多重量子井戸層53aと、該多重量子井戸層53aを上下に挟むAl_{0.3}Ga_{0.7}As からなり膜厚が約20nmの光ガイド層53bとによって構成されている。

【0106】

第2の実施形態の半導体レーザ装置において活性層53は780nmの波長に対応するバンドギャップを持つ量子井戸構造を有し、電流ブロック層57の間を通過した電流が活性層53に到達すると、発振波長が780nmのレーザ光を放射する。

【0107】

前述のように構成された半導体レーザ装置の各層における具体的なドーパント種及びドーパント濃度を表2に示す。

【0108】

【表 2】

半導体層	厚さ	化合物組成	ドーピング条件	
			ドーパント	濃度 (cm ⁻³)
コンタクト層	3 μm	GaAs	Zn	2×10 ¹⁹
電流ブロック層	0.7 μm	Al _{0.6} Ga _{0.4} As	Si	1×10 ¹⁸
第2のp型クラッド層	1 μm	Al _{0.5} Ga _{0.5} As	Zn	2×10 ¹⁸
エッチングストップ層	10nm	Al _{0.2} Ga _{0.8} As	Zn	1×10 ¹⁸
第1のp型クラッド層	0.1 μm	Al _{0.5} Ga _{0.5} As	C	1×10 ¹⁸
活性層				
・量子井戸層				
井戸層	各層3nm	GaAs	—	—
障壁層	8nm	Al _{0.3} Ga _{0.7} As	—	—
・光ガイド層	各層20nm	Al _{0.3} Ga _{0.7} As	—	—
n型クラッド層	2.5 μm	Al _{0.5} Ga _{0.5} As	Si	1×10 ¹⁸
n型基板	100 μm	GaAs	Si	1×10 ¹⁸

【0109】

表 2 に示すように、第 2 の実施形態の半導体レーザ装置において、p 型ドーパントは、第 1 の p 型クラッド層 5 4 には炭素 (C) が用いられ、エッチングストップ層 5 5、第 2 の p 型クラッド層 5 6 及びコンタクト層 5 8 には亜鉛 (Zn) を用いている。また、第 1 の p 型クラッド層 5 4 のドーピング濃度は約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であり、第 2 の p 型クラッド層 5 6 のドーピング濃度は約 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。また、n 型のドーパントには濃度が約 1×10^{18} のシリコン (Si) を用いている。

【0110】

第 2 の実施形態の特徴として、第 1 の p 型クラッド層 5 4 に添加するドーパント (第 1 の不純物) として炭素を用い、第 2 の p 型クラッド層 5 6 に添加するドーパント (第 2 の不純物) として Zn を用いる。これにより、第 1 の p 型クラッド層

ド層 5 4 の抵抗率が第 2 の p 型クラッド層 5 6 の抵抗率よりも大きくなるため、半導体レーザ装置の直列抵抗を増大させることなく第 1 の p 型クラッド層 5 4 に生じる横方向の無効電流を低減することが可能となる。これは、AlGaAs 系の半導体において、炭素が添加された場合と Zn が添加された場合とで、半導体のキャリア移動度に与える影響が炭素の方が大きいためである。

【 0 1 1 1 】

従って、第 1 の実施形態と同様に、第 1 の p 型クラッド層 5 4 に注入されるキャリアがその内部を拡散しにくくなるため、活性層 5 3 に効率良く電流が注入されると共に、第 2 の p 型クラッド層 5 6 に $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ という高い濃度に添加してその抵抗率を小さくすることが可能である。これにより、半導体装置のしきい値電流及び動作電流を低減することができ、高出力の半導体装置を得られる。

【 0 1 1 2 】

なお、AlGaAs 系の半導体では、p 型不純物に Mg を用いると、Mg 原料の供給を開始しても半導体に Mg が添加されないドーピング遅れと呼ばれる不具合又は Mg 原料の供給を停止した後にも半導体に Mg が添加されるメモリ効果と呼ばれる不具合が生じて所定のドーピング濃度を得られないため、第 2 の実施形態では p 型不純物に Mg を用いていない。

【 0 1 1 3 】

また、第 2 の実施形態において、第 1 の p 型クラッド層 5 4 に添加される p 型不純物は、炭素のみを用いる構成に限られず、炭素に加えて、第 3 の不純物として Zn をも用いてもよい。このようにすると、第 1 の p 型クラッド層 5 4 の抵抗率を相対的に高くしながらもその不純物濃度を高くすることができるため、活性層 5 3 から第 1 の p 型クラッド層 5 4 への電子のオーバーフローを効果的に防止することができる。

【 0 1 1 4 】

また、第 2 の実施形態において、第 2 の p 型クラッド層 5 6 を第 1 の p 型クラッド層の上にリッジ状に形成するリッジストライプ型の導波路を有する構成に限られず、内部ストライプ型の導波路を有する構成としてもよい。具体的には、第

1 の p 型クラッド層 5 4 の上にストライプ状の溝部を有する電流ブロック層を形成し、電流ブロック層の溝部を埋めるように第 2 の p 型クラッド層 5 6 をその下部がストライプ状となるように形成すればよい。

【 0 1 1 5 】

【発明の効果】

本発明の半導体レーザ装置及びその製造方法によると、活性層の上に形成された p 型クラッド層の内部で電流が拡散しにくくなるため、電流ブロック層により狭窄された電流成分が p 型クラッド層を通過する際に狭窄部分の側方に拡散することが抑制されるので、無効電流を低減することができる。これにより、電流ブロック層により狭窄された電流が活性層に高密度に注入されるため、半導体レーザ装置のしきい値電流及び動作電流を低減することができ、低電圧で高出力の動作が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態に係る半導体レーザ装置を示す構成断面図である。

【図 2】

本発明の第 1 の実施形態に係る半導体レーザ装置における第 1 の p 型クラッド層の抵抗率としきい値電流との関係を示すグラフである。

【図 3】

本発明の第 1 の実施形態及びその第 1 変形例に係る半導体レーザ装置におけるドーピング濃度とキャリア移動度との関係を示し、 AlGaInP からなる半導体のキャリア移動度とドーピング濃度との関係をドーパントごとに示すグラフである。

【図 4】

(a) 及び (b) は本発明の第 1 の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法を示す工程順の断面構成図である。

【図 5】

(a) 及び (b) は本発明の第 1 の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法を示す工程順の断面構成図である。

【図 6】

本発明の第 1 の実施形態の第 2 変形例に係る半導体レーザ装置を示す構成断面図である。

【図 7】

本発明の第 2 の実施形態に係る半導体レーザ装置を示す構成断面図である。

【図 8】

従来の半導体レーザ装置を示す構成断面図である。

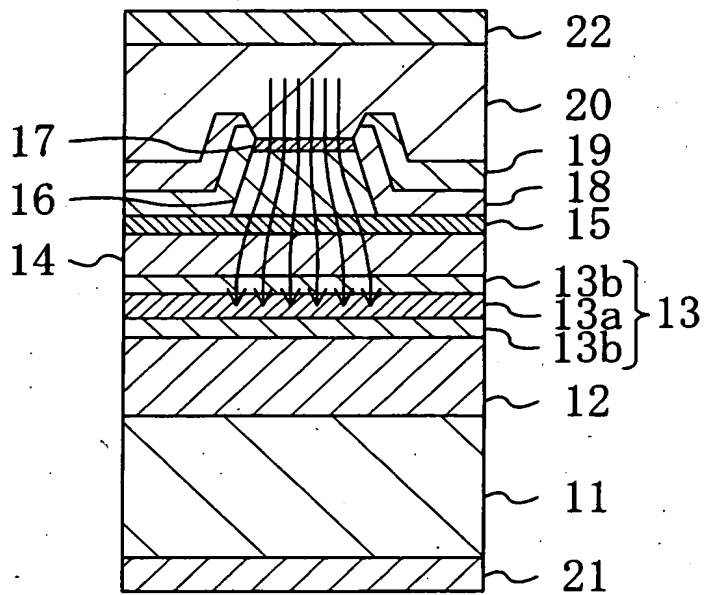
【符号の説明】

- 1 1 n 型基板
- 1 2 n 型クラッド層
- 1 3 活性層
- 1 3 a 多重量子井戸層
- 1 3 b 光ガイド層
- 1 4 第 1 の p 型クラッド層（第 1 のクラッド層）
- 1 5 エッチングストップ層
- 1 6 第 2 の p 型クラッド層（第 2 のクラッド層）
- 1 6 A 第 2 の p 型クラッド層形成層
- 1 7 第 1 のコンタクト層
- 1 7 A 第 1 のコンタクト層形成層
- 1 8 第 1 の電流ブロック層
- 1 9 第 2 の電流ブロック層
- 2 0 第 2 のコンタクト層
- 2 1 n 側電極
- 2 2 p 側電極
- 3 1 キャップ層
- 3 2 マスクパターン
- 4 1 電流ブロック層
- 4 2 第 2 の p 型クラッド層
- 4 3 第 1 のコンタクト層

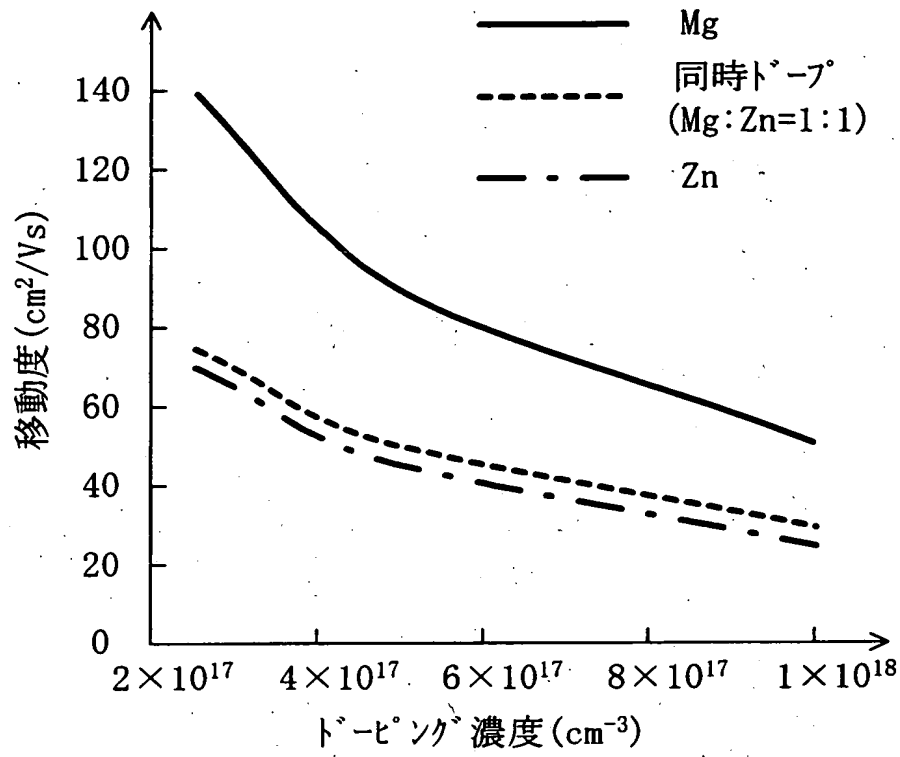
- 5 1 n 型基板
- 5 2 n 型クラッド層
- 5 3 活性層
- 5 3 a 多重量子井戸層
- 5 3 b 光ガイド層
- 5 4 第 1 の p 型クラッド層
- 5 5 エッチングストップ層
- 5 6 第 2 の p 型クラッド層
- 5 7 電流ブロック層
- 5 8 コンタクト層
- 5 9 n 側電極
- 6 0 p 側電極

【書類名】 図面

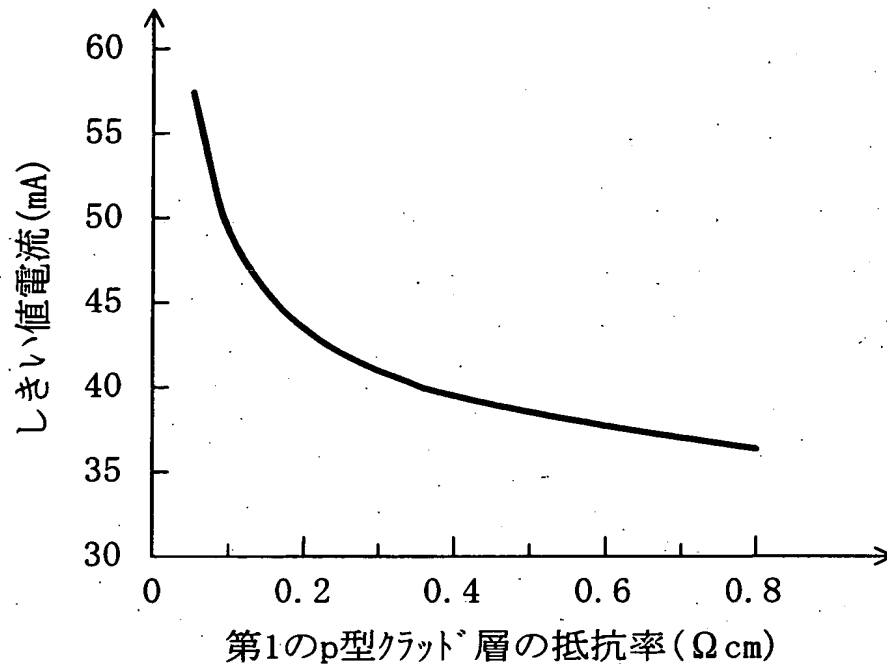
【図 1】



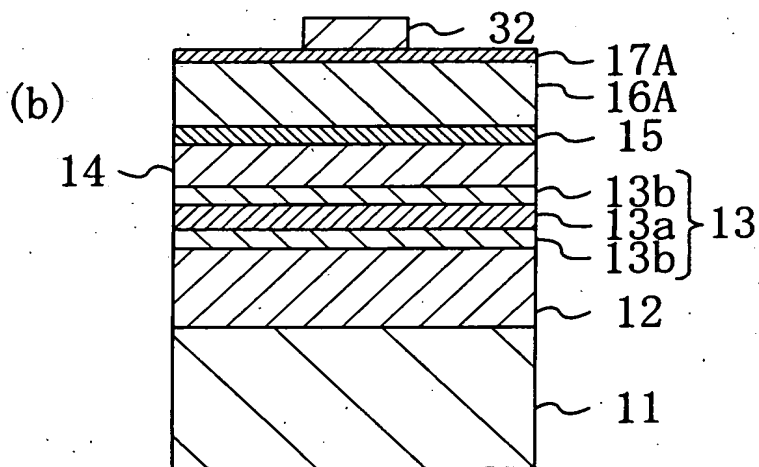
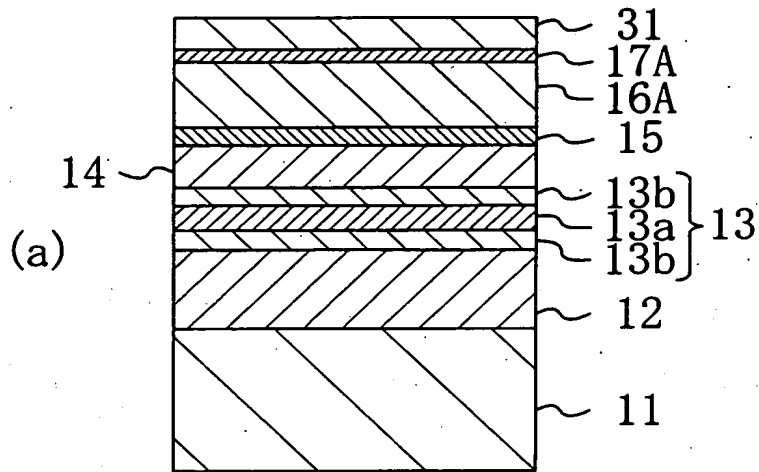
【図 2】



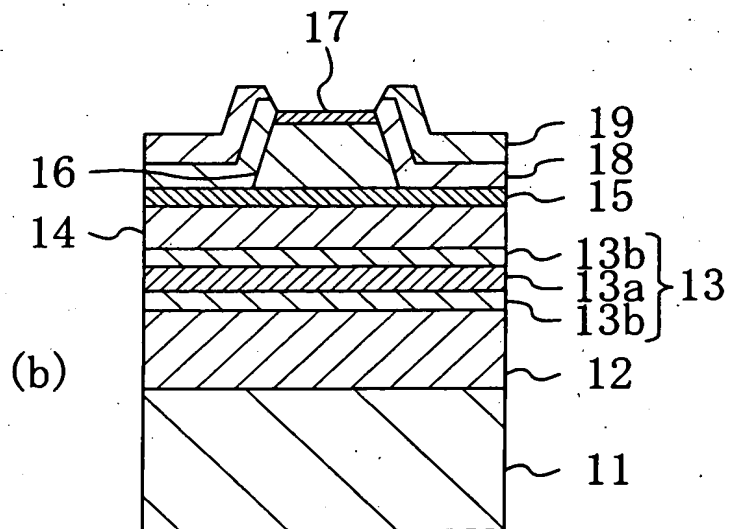
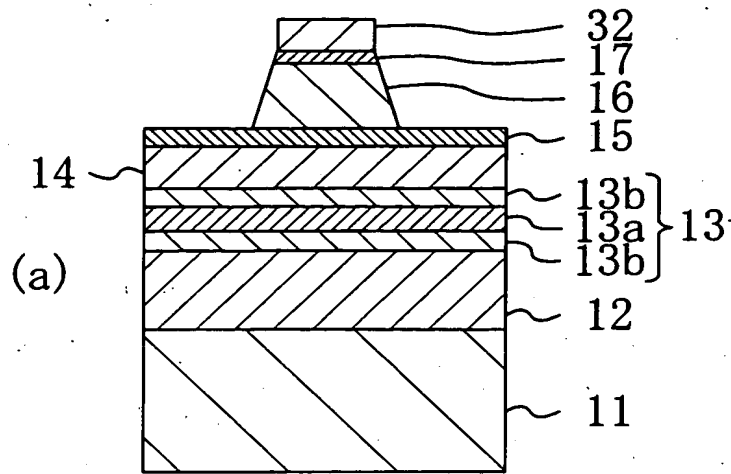
【図3】



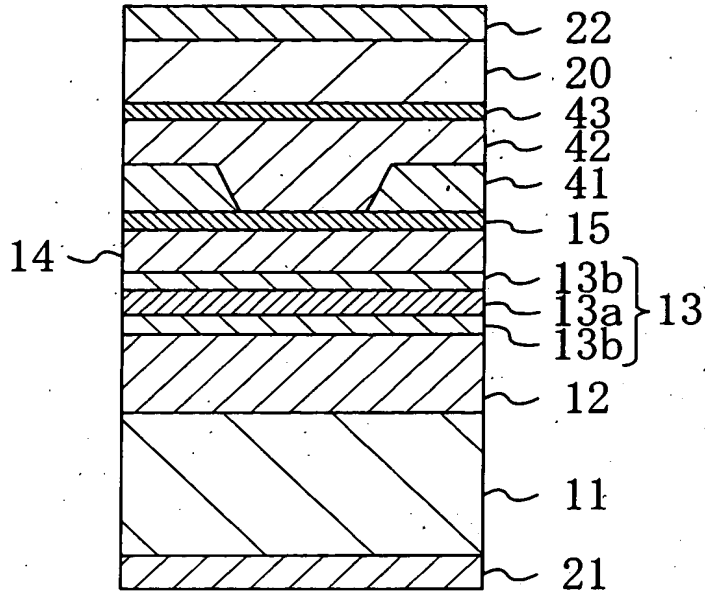
【図 4】



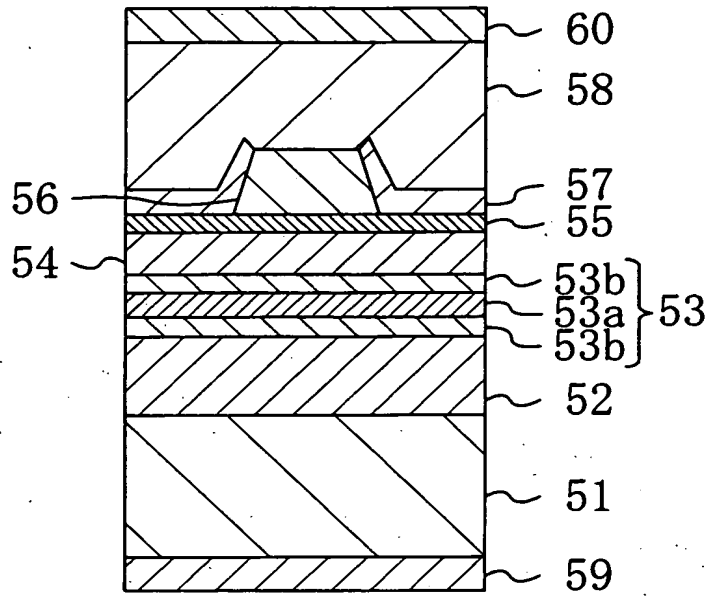
【図 5】



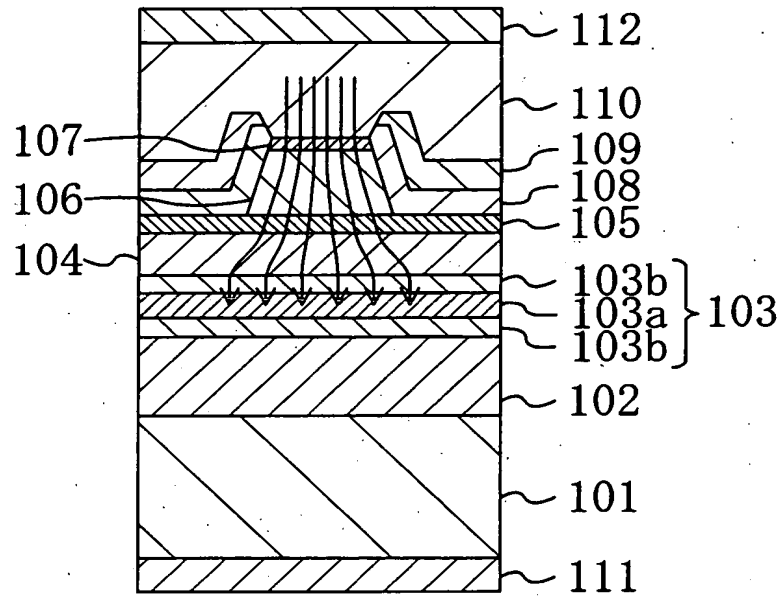
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体レーザ装置において、クラッド層の内部で電流が拡散することによって生じる無効電流を低減して高出力動作が可能となるようにする。

【解決手段】 n型基板11の上には、n型クラッド層12、活性層13、p型AlGaInPからなる第1のp型クラッド層14及びリッジ状のp型AlGaInPからなる第2のp型クラッド層16が順次形成されている。第1のp型クラッド層14にはMgが添加され且つ第2のp型クラッド層16にはZnが添加されることにより、第1のp型クラッド層14の抵抗率が第2のp型クラッド層16の抵抗率よりも大きくされている。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真1006番地

氏 名 松下電器産業株式会社